

**WEST**

Generate Collection

Print

L13: Entry 6 of 8

File: JPAB

Apr 8, 1991

PUB-NO: JP403081718A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 03081718 A  
TITLE: OPTICAL SWITCH ARRAY

PUBN-DATE: April 8, 1991

## INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MORINAKA, AKIRA

YOSHIDA, TAKUJI

KATOU, KAORU

HATAKEYAMA, ITSUKI

## ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

NIPPON TELEG &amp; TELEPH CORP

APPL-NO: JP01219595

APPL-DATE: August 25, 1989

US-CL-CURRENT: 359/15; 359/197

INT-CL (IPC): G02B 26/08

## ABSTRACT:

PURPOSE: To minimize the loss of incident light and to execute high-speed switching by providing volume hologram elements which emit incident lights to output optical paths based on the optical path information thereof in correspondence to each of respective input optical paths and providing plural rotating devices in these elements.

CONSTITUTION: A stepping motor 231 of the optical switch 23-11 is rotated 90° by a control system, not shown, in the case of switching the output optical path of the signal light by an optical fiber 22-11 from the optical fiber 22-11 of an output optical path array 22 to the optical fiber 22-21. The optical path information for the incident signal light is switched to the optical path information relating to the optical fiber 22-21 in this way. The incident signal light is, therefore, made into reflected and diffracted light by the volume hologram element 232-11 of the optical fiber switch 23-11 and is coupled to the incident end face of the optical fiber 22-21. The connecting and switching of the optical path are executed in such a manner. The loss of the incident light is minimized in this way and the high-speed switching is executed.

COPYRIGHT: (C)1991, JPO&amp;Japio

## ⑫ 公開特許公報(A) 平3-81718

⑬ Int.Cl.<sup>1</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)4月8日

G 02 B 26/08

Z

8306-2H

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全11頁)

⑮ 発明の名称 光スイッチアレイ

⑯ 特 願 平1-219595

⑰ 出 願 平1(1989)8月25日

⑱ 発 明 者 森 中 彰 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 発 明 者 吉 田 卓 史 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 発 明 者 加 藤 か お る 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉑ 発 明 者 島 山 厳 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉒ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉓ 代 理 人 弁理士 吉田 精孝

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

光スイッチアレイ

## 2. 特許請求の範囲

複数の入力光路の各々と複数の出力光路の各々との接続切替を行う光スイッチアレイにおいて、

一の入力光路による光に対する複数の出力光路への光路情報が所定角度毎にずらして記録され、入射した光を当該光路情報に基づく出力光路に出射する体積ホログラム素子を各入力光路毎に対応させて設けるとともに、

前記各体積ホログラム素子を前記光路情報の記録角度に対応して回転させる複数の回転手段を設けた

ことを特徴とする光スイッチアレイ。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、光ファイバ等からなる $N \times N$ の複数の光路の接続を、空間的に任意に切替える光スイッチアレイに関するものである。

## (従来の技術)

光通信、光ファイバの研究実用化の進展に伴い、複数の光路の接続を任意に切替える光スイッチが注目を集めている。

このため、光変調器、光スイッチを組合わせて、 $N$ 入力、 $N$ 出力中の所望の入出力同士を、任意に接続することができる光スイッチアレイの実用化が待たれている。

従来より、電気光学効果、即ち、電気光学素子(例えば  $\text{LiNbO}_3$ )等に電界を印加すると、その屈折率が変化し、導光路が変化するという原理を利用した接続切替え、あるいは機械的接続切替え等を用いた光スイッチアレイが種々提案されている。

第2図は、光スイッチアレイの第1の従来例を示す構成図で、電気光学効果を発現する電気光学素子を用いた構成例である。第2図において、1は入力光路群、0-A(0-1A~0-4A)と0-B(0-1B~0-4B)は2組の出力光路群である。1(1-11~1-14, 1-21~1-24, 1-31~1-34, 1-41~1-44)は導波路

クロス部に配置された光スイッチで、例えば、LiNbO<sub>3</sub>からなる電気光学素子を基板に埋め込んだ方向性結合器により構成されている。各光スイッチ1は、電圧無印加時(「0」)には、入射した光を他方の導波路には結合させず、伝搬してきた導波路をそのまま伝搬させる。一方、電圧印加時(「1」)には、他方の導波路に結合させる。

このような構成において、例えば、入力光路1-1による信号光を出力光路0-1Aに、入力光路1-2による信号光を出力光路0-2Aに、入力光路1-3に入力した信号光を出力光路0-3Aに、入力光路1-4による信号光を出力光路0-4Aにそれぞれ導く場合、各光スイッチ1は、第3図に示すように設定される。即ち、光スイッチ1-11, 1-22, 1-33, 1-44に対してのみ電圧を印加せず、残りの光スイッチに対しては電圧を印加する。

第2図の光スイッチアレイでは、2ナノ秒(ns)以下という高速の接続切替えが可能である。

第5図は、光スイッチアレイの第2の従来例を示す構成図である。第5図において、2は入力光

方向に異なった接続形態を有する複数の配線モジュールが収容されており、実線で示す矢印の方向にスライド可能となっている。

この光スイッチアレイにおける光路の接続切替えは、予め接続すべき所望の接続形態を有するブロックを選択し、これを入出力光路用光ファイバアレイ7, 8と対向するようにスライドさせることにより行なわれる。

また、第7図は光スイッチ(アレイ)の第4の従来例を示す構成図である。第7図において、10は入力光路用光ファイバ、11(11-1, 11-2, 11-3, 11-4, 11-5, 11-6)は出力光路用光ファイバ、12はステッピングモータ、13はステッピングモータ13のモータ軸12aに45°の角度をもって取付けたミラーである。

このような構成においては、入力光路用光ファイバ10から出射した光をミラー13に入射させるとともに、ミラー13をモータ軸12aと同心にある光軸上で回転させ、ここで全反射した信号光を、所望の出力光路用光ファイバ11に入射さ

路用光ファイバ群、3は出力光路用光ファイバ群、4は一端が出力光路用光ファイバ群3の各光ファイバと光コネクタを介して接続された接続切替用光ファイバ群、5a, 5bは互いに対をなし接続可能な光コネクタで、光コネクタ5aは入力光路用光ファイバ群2の各光ファイバに、光コネクタ5bは接続切替用光ファイバ群4の各光ファイバの他端に接続されている。6はマイクロアクチュエータ(ロボットアーム)である。

このような構成における光路の接続切替えは、マイクロアクチュエータ6を図示しない制御系により制御して、空間で交差可能な光コネクタ5bを移動させ、所望の位置の光コネクタ5aと接続することにより行われる。

第6図は、光スイッチアレイの第3の従来例を示す構成図で、モジュール型の機械式光スイッチアレイの構成例である。第6図において、7は入力光路用光ファイバアレイ、8は出力光路用光ファイバアレイ、9は内部に光路変換機能を有する接続切替用光ファイバブロック群で、図中、奥行

せることにより、光路の切替えが行われる。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、第1の従来例によれば、高速切替えが可能であるという利点を有するものの、スイッチング制御が複雑になるという欠点を有している。

例えば、第3図に示すような接続形態から、入力光路1-2と出力光路0-2A並びに入力光路1-3と出力光路0-3Aを接続したままの状態、入力光路1-1と出力光路0-4A並びに入力光路1-4と出力光路0-1Aとを接続するような接続形態へ切替えを行う場合、各光スイッチ1は、第4図に示すように設定される。

即ち、入力光路1-2と1-3に入力した信号光が通過する光スイッチ1-12, 1-13, 1-21~1-23, 1-31~1-33への電圧印加状態は変更できないため、光スイッチ1-11, 1-14及び1-41への電圧印加状態を変更しなければならない。

この場合、各光スイッチ1の動作状況を確認した上で、光スイッチ1-11, 1-14及び1-41への電圧

印加状態の変更を、各々に対して個別に行わなければならない、制御論理が複雑になるとともに、切替自由度が $4 \times 4$ からさらに増加すると、より複雑となり、平面的な構成が困難になるという欠点があった。

また、各信号光が通過する光スイッチ（方向性結合器）1の数が接続論理によって異なるため、たとえ入力時に信号光レベルが揃っていたとしても、方向性結合器による損失の総和が、各信号光間で差が生じ、出力信号光レベルが出力光路毎に異なってしまうという欠点があった。

また、第2の従来例によれば、第1の従来例の電気光学効果を利用した光スイッチアレイの切替速度（2ns以下）に比べて、数秒～数十 $\mu$ sと極めて遅いという欠点があった。また、入出力信号光の数が増加すると、この速度的な欠点と制御論理の複雑さから、構成が極めて困難であるという問題点を有する。

さらに、第3の従来例によれば、操作が簡単で、機械精度が充分で挿入損失も第2図のものに比べ

を小さくする必要が生じるが、ミラーの加工が極めて困難である。また、光ビーム系を小さくしなければ、反射面が信号光数に対して不足してしまう。さらに、円軌跡に対して平行移動させるポリゴンミラーの加工は、特に難しいという欠点がある。

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、高速な接続切替えを行え、かつ、接続自由度が高く、挿入損失レベルの変動も小さく、しかも汎用性の高い光スイッチアレイを提供することにある。

（課題を解決するための手段）

上記目的を達成するため、本発明では、複数の入力光路の各々と複数の出力光路の各々との接続切替えを行う光スイッチアレイにおいて、一の入力光路による光に対する複数の出力光路への光路情報が所定角度毎にずらして記録され、入射した光を当該光路情報に基づく出力光路に出射する体積ホログラム素子を各入力光路毎に設けるとともに、前記各体積ホログラム素子を前記光路情報の

で小さいという利点を有するものの、接続形態を変更するときに、接続中の他の光路を切断してしまうため、接続の瞬断が生じるという欠点を克服できない。

これを防止するため、予め第6図に示した光スイッチアレイを2組用意し、接続中の光路を、他の光スイッチアレイ側に移行し、その後切替える等の方法が考えられるが、これでは、構成の複雑化を招き、接続光路数が増加すると実用的な面から問題がある。

さらにまた、第4の従来例によれば、一度、ミラー13をモータ軸12aに取付けると、入射光に対する反射方向は、ミラー13の一の反射角度に対応した第7図中、二点鎖線で示す軌跡上に限られてしまう。即ち、出力光路の配置位置に制約を受け、汎用性に欠けるという欠点がある。

この欠点を解決するために、多面体ミラー、例えばポリゴンミラー等の光学ミラーを用いることが考えられる。この場合、1対 $n$ 分岐の分岐数（ $n$ ）を増加すると、ポリゴンミラーの各反射面

記録角度に対応して回転させる複数の回転手段を設けた。

（作 用）

本発明によれば、例えば、一の体積ホログラム素子を静止させた状態で、選択した一の入力光路の一点から参照光を体積ホログラム素子に照射するとともに、選択した一の出力光路の一点から物体光を照射させて、体積ホログラム素子に干渉縞（光路情報）を記録する。次に、体積ホログラム素子を所定角度だけ回転させるとともに、他の出力光路の一点から物体光を同様に照射させて、参照光との干渉縞を記録する。残りの出力光路においても同様に、干渉縞の記録を行う。このような操作を各入力光路に対応する体積ホログラム素子に対して行い、一の入力光路からの光に対する複数の出力光路への光路情報を予め記録しておく。

この状態で、入力光路から光を入射させ、回転手段によりこの入力光路に対応する体積ホログラム素子を所定の角度だけ回転させることにより入射光を所望の出力光路へ導くことができる。

## (実施例1)

第1図は、本発明に係る光スイッチアレイの第1の実施例を示す構成図である。第1図において、21は入力光路アレイで、4本の入力光路用光ファイバ(21-11, 21-12, 21-21, 21-22)を2×2のマトリクス状に配列して構成されている。22は出力光路アレイで、入力光路アレイ21と対応するように4本の出力光路用光ファイバ22-11, 22-12, 22-21, 22-22を2×2のマトリクス状に配列して構成されている。

23は光路切替部で、光スイッチ23-11, 23-12, 23-21, 23-22を2×2のマトリクス状に配列して構成されている。

光スイッチ23-11, 23-12, 23-21, 23-22の各々は、モータ軸231aの直径が1mmのロータリ角度エンコーダ付ステッピングモータ231と、モータ軸231aの先端面に、後端面が電極(第1図には図示せず)を介して接着剤で取付けられた直径1mm、厚さ1mmの構造パラメータを有する円柱形状の体積ホログラム素子232-11, 232-12, 232-21, 232-22とから

た信号光に対する出力光路アレイ22の各光ファイバ22-11～22-22への四つの光路情報が記録されている。

さらに、体積ホログラム素子232-22には、入力光路アレイ21の光ファイバ21-22を介して入射した信号光に対する出力光路アレイ22の各光ファイバ22-11～22-22への四つの光路情報が記録されている。

次に、各体積ホログラム素子232-11～232-22への光路情報の記録方法について、第8図に基づき体積ホログラム素子232-11を例にとり説明する。なお、第8図において、233は透明電極(ITO)、234は電極(透明性を要しない)、235は電源、221は入力側マスク、222は出力側マスク、25はハーフミラー、26は全反射ミラーである。

まず、第8図の(a)に示すように、電源235により透明電極233と電極234間に5KVの電圧を印加した状態で、例えば、ビーム系1mmのAr<sup>+</sup>レーザビーム(波長λ=454nm)LBを用い、このレーザビームLBのうち、ハーフミラー

それぞれ構成されている。

体積ホログラム素子232-11, 232-12, 232-21, 232-22は、例えば、フォトリフラクティブ結晶Bi<sub>12</sub>SO<sub>20</sub>からなり、そのC軸方向を円柱面とし、その先端面にはITOからなる透明電極(ネサ膜、第1図には図示せず)が蒸着により形成されている。

体積ホログラム素子232-11には、入力光路アレイ21の光ファイバ21-11を介して入射した信号光に対する出力光路アレイ22の各光ファイバ22-11, 22-12, 22-21, 22-22への四つの光路情報が所定角度、例えば90°毎にずらして後述する方法により記録されている。

同様に、体積ホログラム素子232-12には、入力光路アレイ21の光ファイバ21-12を介して入射した信号光に対する出力光路アレイ22の各光ファイバ22-11～22-22への四つの光路情報が記録されている。

また、体積ホログラム素子232-21には、入力光路アレイ21の光ファイバ21-21を介して入射し

25にて反射され入力側マスク221のスリット221-11(この位置に光ファイバ21-11の出射端面が配置される)を通過したレーザビームLBを参照光Rとし、この参照光Rを透明電極233を介し、体積ホログラム素子232-11の表面に照射する。これとともに、ハーフミラー25を通過し、全反射ミラー26にて反射され、さらに出力側マスク222のスリット222-11(この位置に光ファイバ22-11の入射端面が配置される)を通過したレーザビームLBを物体光Mとし、この物体光Mを体積ホログラム素子232-11の表面に照射し、体積ホログラム素子232-11中に干渉縞を記録する。

次に、第8図の(b)に示すように、ステッピングモータ231を90°回転させるとともに、全反射ミラー26を移動し、出力側マスク222のスリット222-21(この位置に光ファイバ22-21の入射端面が配置される)を通過したレーザビームLBを物体光Mとして、前記参照光Rとともに体積ホログラム素子232-11の表面に照射し、体積ホログラム素子232-11中に干渉縞を記録する。

次いで、ステッピングモータ231を90°回転するとともに、全反射ミラー26を移動し、光ファイバ22-12の入射端面が配置される位置の出力側マスク222のスリット(図示せず)を通過したレーザビームLBを物体光Mとして、体積ホログラム素子232-11中に干渉縞を記録する。

さらに、ステッピングモータ231を90°回転するとともに、全反射ミラー26を移動し、光ファイバ22-22の入射端面が配置される位置の出力側マスク222のスリット(図示せず)を通過したレーザビームLBを物体光Mとして、体積ホログラム素子232-11中に干渉縞を記録する。

このようにして、一の入力光路としての光ファイバ21-11による光に対する出力光路としての光ファイバ22-11~22-22への光路情報(干渉縞)が記録される。

他の体積ホログラム素子232-12~232-22に対しても同様の方法により、光路情報が記録される。

実際に、光路情報を記録した体積ホログラム素子に、入射パワーを弱めた同波長( $\lambda=454\text{nm}$ )の

光路を、出力光路アレイ22の光ファイバ22-11から光ファイバ22-21へ切り替える場合、図示しない制御系により光スイッチ23-11のステッピングモータ231を90°回転させる。これにより、入射信号光に対する光路情報が、光ファイバ22-11に関する光路情報から光ファイバ22-21に関する光路情報に切替わる。従って、入射信号光は、光スイッチ23-11の体積ホログラム素子232-11により反射回折光となって、光ファイバ22-21の入射端面に結合される。このようにして、光路の接続切替えが行われる。

他の入力光路としての光ファイバ21-12, 21-21, 21-22による信号光に対しても、上記と同様の動作により出力光路の接続切替えが、任意に独立してそれぞれ行われることになる。

実際に、第1図の光スイッチアレイにおいて、4×4の多重接続切替えを行った結果、1ns以下の速度での切えを実現できた。

以上のように、本第1の実施例によれば、光路の切替えに回折効率が高く、角度選択性の大きい

Ar<sup>+</sup>レーザビームLBを電圧オフの状態にて照射することにより、反射回折光は4点(出力側マスク222の各スリット)を連続的に定査することができた。入射パワーに対する回折効率ηは、各点に対して40%の強さを得ることができた。

次に、上記構成による動作を、入力光路アレイ21の光ファイバ21-11と出力光路アレイ22の光ファイバ22-11との接続から、入力光路アレイ21の光ファイバ21-11と出力光路アレイ22の光ファイバ22-21との接続へ切替えを行う場合を例にとり説明する。

まず、入力光路アレイ21の光ファイバ21-11を伝搬した波長454nmの信号光は、その端面から出射し、光スイッチ23-11の体積ホログラム素子232-11に入射する。入射信号光は、体積ホログラム素子232-11に記録されている干渉縞(光路情報)により反射回折光となって、その情報に基づく光路を経て、出力光路アレイ22の光ファイバ22-11の入射端面に結合される。

ここで、光ファイバ22-11による信号光の出力

体積ホログラム素子232-11~232-22を用いたので、入力信号光の光路接続部23における光損失を最小限に抑えることができ、光路情報の多重記録(接続点分岐)を大きくできる。

また、各出力光路としての光ファイバ22-11~22-22の入射端面の配置位置(回折位置)に対して、信号光が導かれるように光路情報(干渉縞)を記録するので、信号光を正確に所望の光ファイバ22-11~22-22へ導くことができる。また、この記録時に、出力点を規定すると、任意の点に、出力光を向けることができる。従って、接続の自由度が重複状態も含めて、極めて大きいという利点がある。

さらに、光路の接続切替えにモータ軸231aの回転運動という、精度の高い機構を用いているため、例えば、従来のX、Y、Z方向の平行移動機構に対して、ガタ、ブレ等の要因が小さく、切替え速度は、ステッピングモータ231の回転速度(〜10<sup>4</sup>rpm)のみに依存する。回転は、約5msが上限であるため、角度の分割分だけ速くなり、1ms

以下の高速切 えが可能である。

(実施例2)

第9図は、本発明に係る光スイッチアレイの第2の実施例を示す構成図である。本第2の実施例では、第1の実施例の反射型の体積ホログラム素子の代わりに、透過型の体積ホログラム素子を用いている。このため、入力光路アレイ31と、接続切替部33と、出力光路アレイ32を表記した順に、直列的に配置し、かつ、光スイッチ33-11~33-44を外径2mm、内径1.5mmの中空モータ軸を有するマイクロモータと、このマイクロモータにて回転される直径2mm、厚さ2mmのCeドープ(0.6atomic%) SrBaNbO<sub>3</sub>の単結晶からなる体積ホログラム素子により構成している。

第10図は、この光スイッチの断面構造を示す図である。第10図において、331はマイクロモータ、331aは中空モータ軸、331bは中空モータ軸331aを回転させる中空モータ軸駆動部、332は体積ホログラム素子、333は透明電極、334は電極で、体積ホログラム素子332は電極334を介して

らに2回繰り返した。

次に、この光スイッチに、参照光を記録時の入力面と同じ方向から照射しながら出力光を各々の出力面で観測すると、第11図に示すような出力特性が得られた。

これに対して、第12図は、第4の従来例(第7図)のように回転角に対して直交ミラーを用いた場合の出力特性を示している。

両者を比較すると、本発明に係る光スイッチでは、モータ軸の回転角に対して、長い保持時間で出力光面に分岐できることが分かる。これは体積ホログラム素子中への記録時に、90度回転する間、同一出力面を規定する干渉縞が連続して並ぶためである。

また、一つの入力面に対して、複数の出力面を設定し、入力面と複数の出力面からの光を、円柱上の体積ホログラム素子に照射させて記録した後、参照光にて再生を行うと、一つの参照光に対し、予め設定した複数の出力面に光を同時に接続することができた。

中空モータ軸331aの端面に、接着剤により取付けである。

このような構成において、16×16の多重接続を含む光路切 えを、1ms以下の速度で実現できた。

本第2の実施例においては、前記第1の実施例の効果に加えて、入力光路アレイ31、光路切替部33、出力光路アレイ32を直列的に配置できるので、よりコンパクトな構成を実現できる利点がある。

(実施例3)

本実施例では、前記実施例1と同様に、ロータリ角度エンコーダ付ステッピングモータのモータ軸に、フォトリフラクティブ結晶Bi<sub>12</sub>SiO<sub>20</sub>(円柱形状)からなる体積ホログラム素子を取り付け、ビーム径1mmのAr<sup>+</sup>レーザビームを入力面と出力面からの2光束とに分割し、体積ホログラム素子中に、モータ軸を0.1度/秒の条件で回転させながら、90度モータ軸が回転するまで干渉縞を連続的に記録した。次に、異なった出力面を選択し、同じ条件で90度連続して記録し、これをさ

(発明の効果)

以上説明したように、本発明によれば、接続切替点に配置される体積ホログラム素子は、回折効率が高く、角度選択性が大きいため、入射した光の損失を最小限に抑えることができ、切替部の損失が小さく、かつ、接続損失の変動も少なく、均一な出力特性を得ることができ、しかも高速切替可能な光スイッチを実現できる利点がある。

また、各出力光路が配置される位置に対する光路情報を随時記録することができるので、出力光路の配置位置に対して制約を受けることがなく、かつ、接続の自由度が極めて大きく、しかも、汎用性の高い光スイッチアレイを実現できる。

また、従来のミラー、ポリゴンミラー等の回転では、殆ど不可能であった、光の同時分配や長時間接続保持のような、特殊な切替えも実現できる。

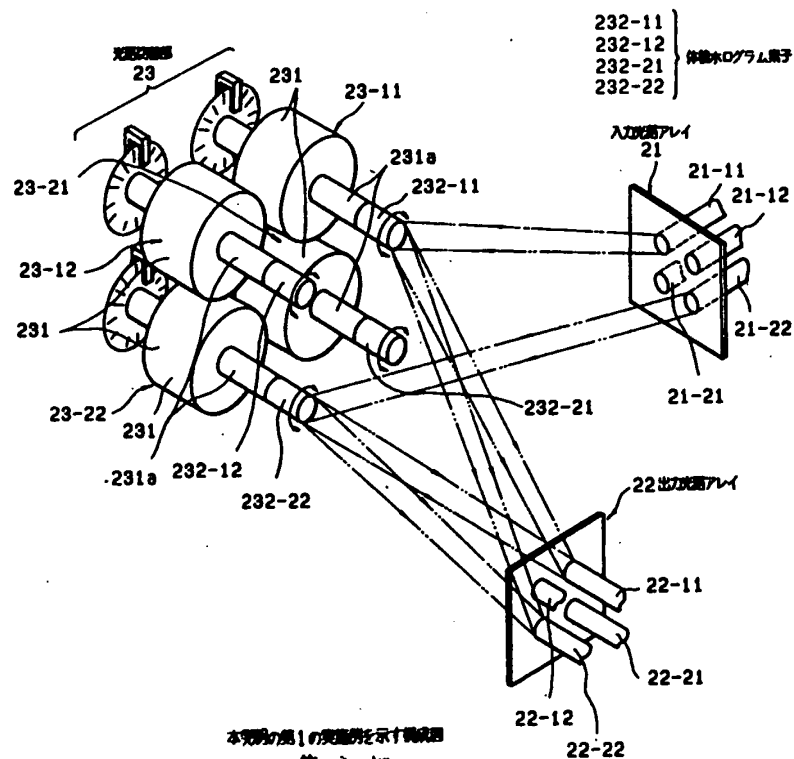
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る光スイッチアレイの第1の実施例を示す構成図、第2図は第1の従来例を示す構成図、第3図は第2図の動作例を示す図、

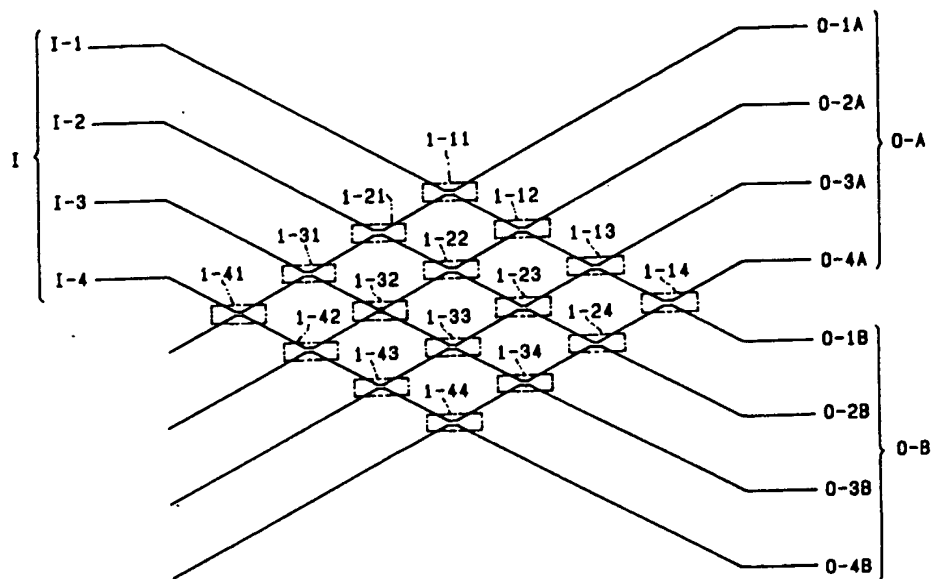
第4図は第1の従来例の課題を説明するための図、第5図は第2の従来例を示す構成図、第6図は第3の従来例を示す構成図、第7図は第4の従来例を示す構成図、第8図は本発明に係る光路情報の記録方法の説明図、第9図は本発明に係る光スイッチアレイの第2の実施例を示す構成図、第10図は第2の実施例に係る光スイッチの断面構造を示す図、第11図は本発明に係る光スイッチの干渉縞が連続して記録された場合の出力特性図、第12図は回転ミラーを回転させる従来の光スイッチの出力特性図である。

図中、21、31…入力光路アレイ、22、32…出力光路アレイ、23、33…接続切替部、23-11～23-22、33-11～33-44…光スイッチ、231…ステッピングモータ、231a…モータ軸、232(232-11～232-22)、332…体積ホログラム素子、331…マイクロモータ、331a…中空モータ軸、331b…中空モータ軸駆動部。

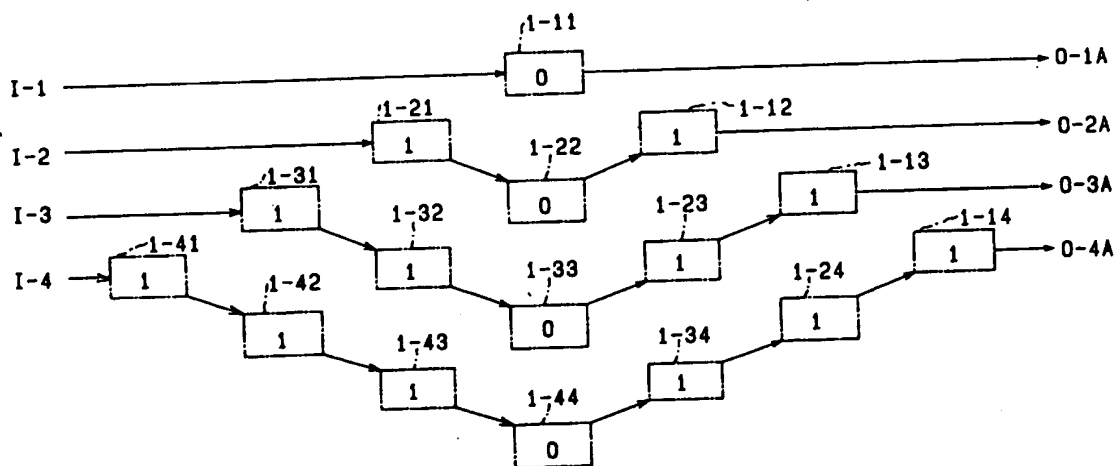
特許出願人 日本電信電話株式会社  
代理人 弁理士 吉田 精孝



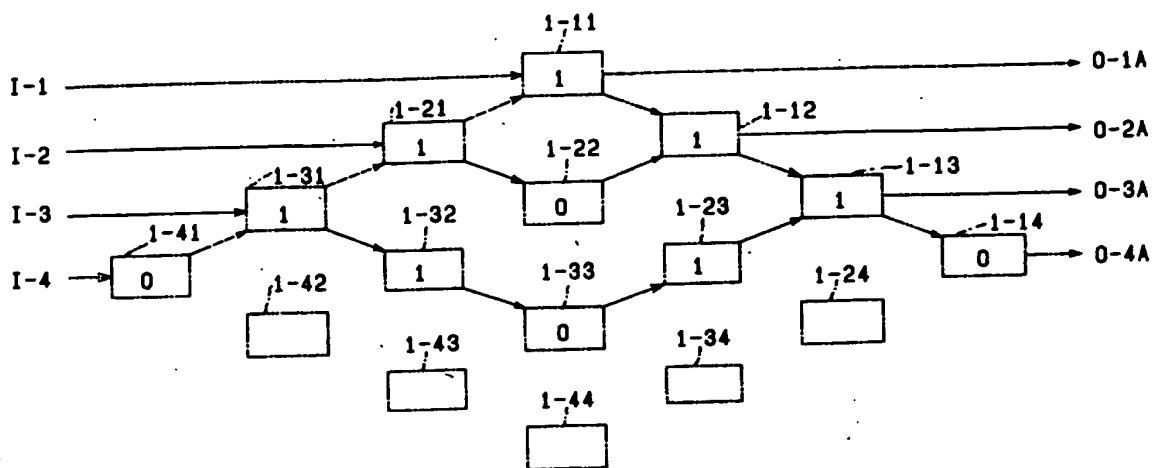




第1の従来例を示す構成図  
第 2 図

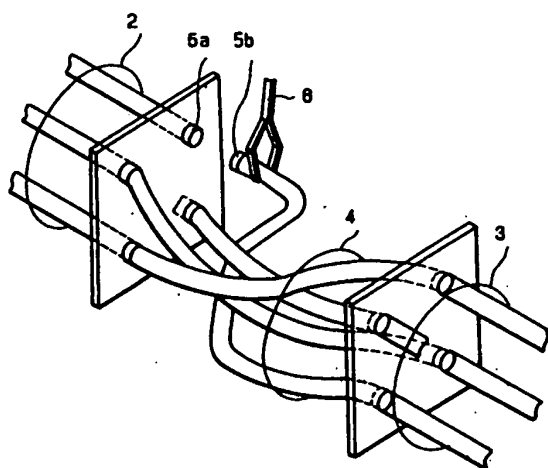


第2図の動作例を示す図  
第 3 図



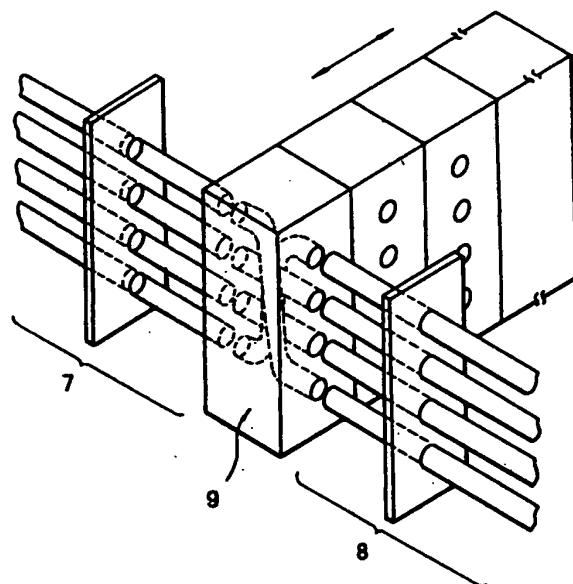
第1の従来例の原理のブロック図

第4図



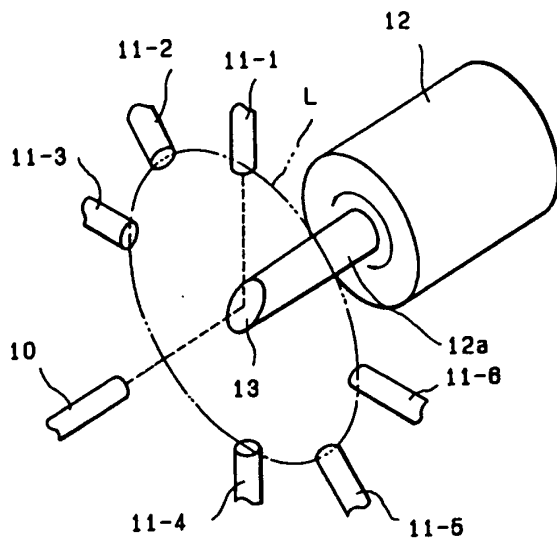
第2の従来例を示す構成図

第5図



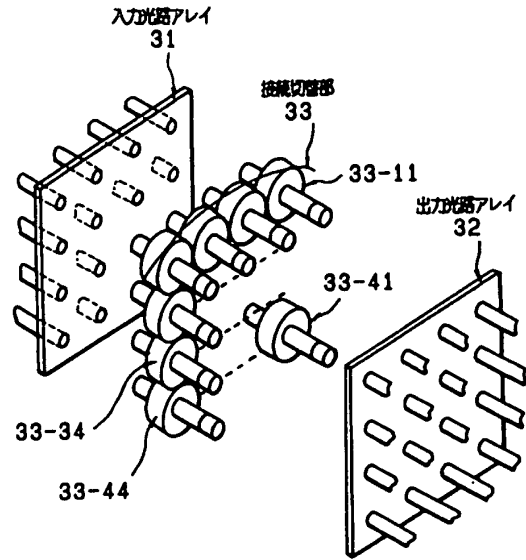
第3の従来例を示す構成図

第6図



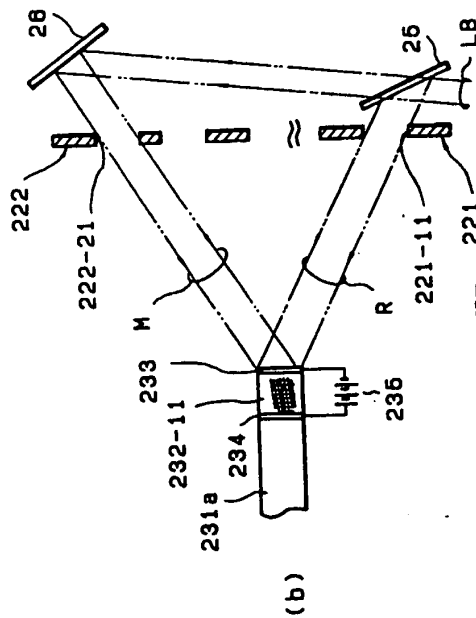
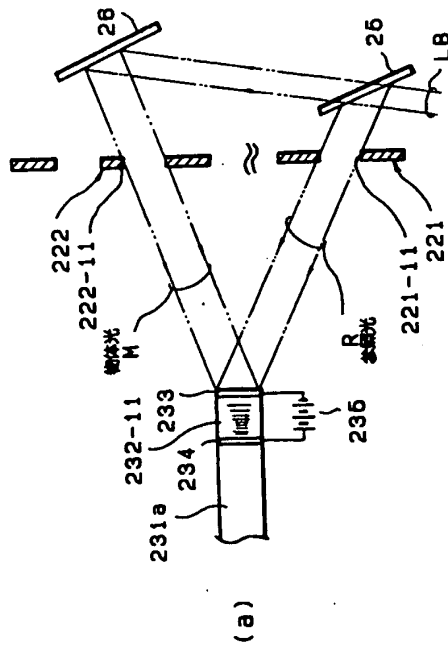
第4の従来例を示す構成図

第 7 図

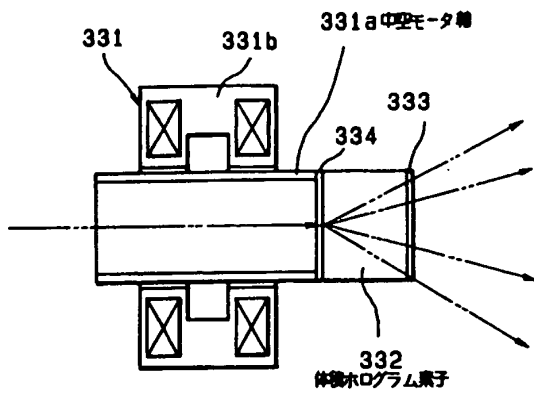


本発明の第2の実施例を示す構成図

第 9 図

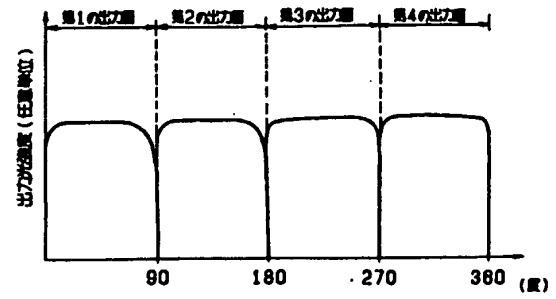


光路情報の記録方法の説明図  
第 8 図



第2の実施例に係る光スイッチの断面構造図

第 10 図



体積ホログラム素子の回転角

本発明に係る光スイッチの出力特性図

第 11 図



第4の実施例に係る光スイッチの出力特性図

第 12 図